

Хафез М.<sup>1,2</sup>, Мохамед А.Э.<sup>2</sup>, Рашад М.<sup>2</sup>, Попов А.И.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия; mhafez290@yahoo.com

<sup>2</sup>Научно-исследовательский институт культивирования аридных территорий, Городок научных исследований и внедрения технологий, Нью Борг Эл-Араб, Александрия, Египет.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БАКТЕРИАЛЬНОГО И ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ В УСЛОВИЯХ ЗАСУШЛИВЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЕГИПТА

*Инокуляция почвы ризосферными азотфиксирующими бактериями рода *Azospirillum* и некорневая обработка посевов гуминовыми препаратами ALCRI-CropHelp и ALCRI-CropHelp-M в условиях засушливых территорий Египта достоверно повышали урожайность зерна пшеницы на 156, 167 и 178 % относительно контроля, соответственно. При этом, естественно, возросла эффективность водопотребления — более, чем в 2,5 раза. Такой эффект достигался за счет множественного действия на метаболизм сельскохозяйственных культур.*

*Inoculation of soil with by rhizospheric nitrogen-fixing bacteria of the genus *Azospirillum* and non-root treatment of crops by humic preparations ALCRI-CropHelp and ALCRI-CropHelp-M in Egypt arid lands significantly increased wheat grain crops on 156, 167 and 178% relative to the control, accordingly. At the same time, the water use efficiency has increased by more than 2.5 times. This effect was achieved due to multiple effects on metabolism of agricultural plants.*

*Ключевые слова:* *Azospirillum brasilense*; ALCRI-CropHelp; ALCRI-CropHelp-M; гуминовые вещества; комплексное действие; урожайность; пшеница.

*Keywords:* *Azospirillum brasilense*; ALCRI-CropHelp; ALCRI-CropHelp-M; humic substances; complex action; grain crop, wheat.

### Введение

Для получения высокого экономически оправданного урожая с одновременным улучшением качества продукции растениеводства помимо создания благоприятных условий для роста и развития сельскохозяйственных культур с помощью химизации земледелия и различных мелиоративных мероприятий необходимо непосредственное воздействие на биологию растений [1]. Такими эффективными и экономически оправданными приемами воздействия на продукционный процесс растений являются инокуляция почвы ризосферными азотфиксирующими бактериями рода *Azospirillum* [2; 3] и некорневая обработка посевов растворами гуминовых веществ (ГВ) [4; 5].

Цель данной публикации — продемонстрировать эффективность применения *Azospirillum brasilense* и двух гуминовых препаратов: ALCRI-CropHelp и ALCRI-CropHelp-M на урожайность зерна пшеницы, выращиваемой в условиях засушливых территорий Египта.

### Методы исследования

Полевые испытания эффективности применения бактериального и двух гуминовых препаратов: ALCRI-CropHelp и ALCRI-CropHelp-M проводили в период с декабря 2019 г. по апрель 2020 г. на орошаемых старопашотных карбонатных засоленных почвах Египта. Объект — пшеница (*Triticum* L.). Координаты: 30°53'33,17" с. ш., 29°22'46,43" в. д., Александрия, Египет. Площадь одной делянки — 500 м<sup>2</sup>. Повторность — трехкратная.

Схема опыта: 1) контроль; 2) NPK — минеральные удобрения: мочевины — 38 г/м<sup>2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (45 %) — 10 г/м<sup>2</sup>, K<sub>2</sub>O — 12 г/м<sup>2</sup>; 3) *Azospirillum brasilense* — ризосферные азотфиксирующие

бактерии вносились в почву вокруг растения в количестве 0,7 мл исходной культуральной суспензии на 1 м<sup>2</sup>; 4) ALCRI-CropHelp — нейтральный раствор ГВ, 5) ALCRI-CropHelp-M — нейтральный раствор ГВ с эссенциальными микроэлементами в стабильном растворённом состоянии. Оба раствора ГВ применялись следующим образом: 0,5 мл/м<sup>2</sup> шло на опрыскивание растений и 1,0 мл/м<sup>2</sup> вносилось в почву (в пересчете на содержание в маточном растворе).

Гуминовые вещества были выделены специальным солевым раствором из вермикомпоста, полученного из дробины — отходов пивоварения. Они не содержали хлоридов, карбонат-ионов, полиароматических углеводов, липидов и радионуклидов.

### Результаты и их обсуждение

Данные, полученные в ходе полевых испытаний бактериального препарата (*A. brasilense*) и гуминовых препаратов ALCRI-CropHelp и ALCRI-CropHelp-M свидетельствовали о том, что эти препараты позволили получить достоверную прибавку урожая зерна пшеницы относительно контроля (табл.). Инокуляция почвы *A. brasilense* и некорневая обработка посевов гуминовыми препаратами способствовали к увеличению урожая зерна пшеницы почти в 2 раза, относительно варианта с NPK. Кроме того, как следствие, достоверно возросла эффективность водопотребления.

Влияние инокуляции почвы *A. brasilense* и некорневой обработки посевов препаратами ALCRI-CropHelp и ALCRI-CropHelp-M на урожайность зерна пшеницы

Вариант опыта	Урожайность зерна, ц/га	Прибавка урожая		Эффективность водопотребления, кг зерна/м <sup>3</sup> воды на 1 га
		ц/га	%	
Контроль	34,5 (a)	0	0	0,48 (a)
NPK	47,7 (b)	13,2	38	0,67 (b)
<i>A. brasilense</i>	88,4 (c)	53,9	156	1,24 (c)
ALCRI-CropHelp	92,2 (cd)	57,7	167	1,29 (cd)
ALCRI-CropHelp-M	95,8 (d)	61,3	178	1,34 (d)
F <sub>05</sub>	3,48			3,48
F <sub>φ</sub>	167,51			167,51
HCP <sub>05</sub>	6,93			0,097

Как известно [2], ассоциативные азотфиксирующие ризосферные бактерии рода *Azospirillum* оказывают благоприятное влияние на рост и развитие растений за счет азотфиксации, биосинтеза фитогормонов и ионофорных органических соединений, снижения влияния стрессоров, контроля за многочисленными фитопатогенами, а также мобилизации фосфатов, улучшению водного и питательного режимов.

Гуминовые вещества, попадая внутрь растений, способны: ускорять циркуляцию нутриентов в растениях, вызывать индукцию экспрессии генов, обогащать энергетически, оптимизировать: дыхание, фотосинтез, биосинтез, соотношение органических и неорганических анионов, синтезировать фитонциды и фитоалексины [6; 7], повышать устойчивость растений к действию ионизирующей радиации и пестицидов [8].

Управление продуктивностью сельскохозяйственных культур с помощью достижений современных биотехнологий относится к биологической коррекции роста и развития растений. Методология биологической коррекции опирается на следующие ключевые положения [1]: 1) зелёные сосудистые растения способны поглощать и усваивать органические соединения; 2) в зелёных сосудистых растениях одним из путей, обеспечивающих транспорт веществ, является система протопластов растительных клеток,

объединённых в одно целое многочисленными плазмодесмами, что позволяет растениям поглощать питательные вещества не только с помощью корней, но и листьями; 3) продукционный процесс растений в значительной степени определяется скоростью передвижения питательных веществ как из корня в листья, так и из листьев в корень.

При этом почвенное плодородие рассматривается как следствие биологического круговорота биофильных элементов в экосистемах [9].

### Выводы

В результате проведенных полевых испытаний было показано, что инокуляция почвы *Azospirillum brasilense* и некорневая обработка посевов гуминовыми препаратами ALCRI-CropHelp и ALCRI-CropHelp-M способствовали к значительному увеличению урожая зерна пшеницы. В основе таких биотехнологий лежит принцип биологического соответствия. Поэтому сочетание природных материалов и экологически безопасных побочных продуктов становится одним из наиболее важных направлений, касающихся улучшения свойств почв и повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

### Библиографические ссылки

1. Попов, А.И. Биологическая коррекция продуктивности агрофитоценозов / А.И. Попов, // Вестник С.-Петерб. ун-та. – 2006. – Серия 3. Биол. – Вып. 1. – С. 136–147.
2. Bashan, Y. *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003) / Y. Bashan, G. Holguin, L.E. de-Bashan // Can. J. Microbiol. – 2004. – Vol. 50. – P. 521–577.
3. Михайловская, Н.А. Азоспириллы и их влияние на злаковые культуры (обзор литературы) / Н.А. Михайловская // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – № 2(55). – С. 167–181.
4. Попов, А.И. Гуминовые препараты — эффективное средство биологической коррекции минерального питания сельскохозяйственных культур, их роста и развития / А.И. Попов, П.А. Суханов // Агро-Пилот: информационно-аналитический бюллетень Комитета по сельскому хозяйству правительства Ленинградской области. – СПб., 2002. – № 18–19. – С. 23–41.
5. Ермаков, Е.И. Некорневая обработка растений гуминовыми веществами, как экологически гармоничная корректировка продуктивности и устойчивости агроэкосистем / Е.И. Ермаков, А.И. Попов // Вестник Россельхозакадемии. – 2003. – № 4. – С. 7–11.
6. Попов, А.И. Гуминовые вещества: свойства, строение, образование / А.И. Попов; под ред. Е.И. Ермакова. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2004. – 248 с.
7. Попов, А.И. Механизмы действия гуминовых веществ на растения / А.И. Попов, Е.П. Панина, С.Е. Ергенова // Гумус и почвообразование. – СПб.: СПбГАУ, 2015. – С. 19–26.
8. Горовая, А.И. Гуминовые вещества: Строение, функции, механизм действия, протектор, свойства, экологическая роль / А.И. Горовая, Д.С. Орлов, О.В.Щербенко. Киев: Наукова думка, 1995. – 303 с.
9. Попов, А.И. К вопросу о плодородии почв и продукционном процессе сельскохозяйственных культур / А.И. Попов // Гумус и почвообразование: сб. науч. трудов С.-Петерб. гос. аграрного ун-та. – СПб., 1999. – С. 58–62.